

La Gestion d'Energie dans les Réseaux De Capteurs Sans Fil

HAMLILI Boubakeur
Faculté de technologie
Département génie électrique
Tahri Mohamed University P.o.box
417 Bechar - 08000 Algeria
boubakeur.adel@yahoo.fr

BENAHMED Khelifa
Faculté science exacte
Département Math informatique
Tahri Mohamed University P.o.box
417 Bechar - 08000 Algeria
benahmed_khelifa@yahoo.fr

GASBAOUI Brahim
Faculté de technologie
Département génie électrique
Tahri Mohamed University P.o.box
417 Bechar - 08000 Algeria
gasbaoui_2009@yahoo.com

Résumé—L'énergie est la ressource la plus précieuse dans un réseau de capteurs sans fil, les nœuds capteurs embarquent en général une quantité d'énergie très limitée et presque jamais renouvelable dont la ressource est généralement une batterie. La gestion de l'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) présente un problème complexe a plusieurs contraintes, ce qui a motivée une grande partie des recherches dans cet axe. Le but de la conservation de l'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil vise surtout a augmenté la durée de vie d'un nœud capteur et par la suite du réseau tout entier, ce qui assure la disponibilité des différents services fournis par le réseau. L'objectif de ce travail est d'expliquer et d'améliorer le mécanisme l'énergie ambiante pour mieux conserver l'énergie des (RCSF), en utilisant des approches inspirées de l'environnement c'est l'énergie solaire en basant sur des méthodes d'optimisations, afin de mieux gérer la consommation d'énergie dans un réseau de capteurs sans fil.

Mots-clés—Réseaux de Capteurs Sans Fil, gestion de l'énergie, technique d'optimisation.

I. INTRODUCTION

Ces dernières années les avancées techniques en terme de performances et de miniaturisations réalisées dans les microsystèmes électromécaniques (MEMS) et la progression technologique de l'information et la communication ont conduit au développement de microcomposant communicant appelé capteur, et leurs déploiement dans plusieurs applications de surveillance et le suivi (de l'environnement, habitat, industriel, agriculture, transport intelligent, militaire, médicale, l'automatisation domestique.....etc.)[1] permettent l'utilisation d'une nouvelle stratégie c'est les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) qui représentent des solutions économiquement intéressantes pour la surveillance à distance et le traitement des données dans les environnements complexes et distribués.

Les réseaux de capteurs sans fil sont composés de plusieurs capteurs (nœuds) et peuvent communiquer entre eux sans fil et qui sont généralement alimentés par une batterie d'une quantité d'énergie très limitée et presque jamais renouvelable, l'objectif d'optimiser la consommation de l'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil vise surtout a augmenté la durée de vie d'un nœud capteur et le bon fonctionnement du réseau à long terme, ce qui assure la disponibilité des différents services fournis par ces réseaux.

Un nœud contient souvent un ensemble d'appareils à faible puissance sans entretien tels que microcontrôleur, des mémoires, un ou plusieurs capteurs, pile et un module radio pour la communication, l'objectif est d'augmenté la durée de vie de ces faibles appareils, c'est un problème de la gestion d'énergie (la pile), dans les littérateurs les chercheurs ont fait beaucoup d'efforts pour trouver des méthodes tentent vers l'optimisation de la consommation d'énergie au niveau du capteur et la bonne qualité de service du réseau, en se basant soit sur la fabrication du matériel (circuits et/ou la pile en matière physique), soit utilisé l'approche des batteries rechargeables, soit utilisé des techniques (des algorithmes) touchant les couches protocolaire par exemple la couche MAC et/ou la couche RESEAU [2].

Dans ce projet on s'intéresse au deuxième stratégie c'est-à-dire il faut que la seule source d'énergie fournie par la pile doit être remplacée ou collaborer par une autre source d'énergie en proposant une technique en vue de contribuer à l'amélioration de performance et l'optimisation de la conservation de l'énergie dans le réseau afin de prolonger la durée de la vie du réseau, cette approche consiste à utiliser l'énergie présente dans l'environnement appelé l'énergie ambiante en anglais (energy harvesting or scavenging) qui peuvent être cinétique, thermique, électromagnétique, ou l'énergie solaire, qui sera par la suite convertie en puissance utilisable pour la fournir à un nœud dans un RCSF. Les récolteurs d'énergie comme ceux-ci nécessitent une sorte de stockage d'énergie, tel qu'un super condensateur ou une batterie rechargeable. Un prototypique de nœud sans fil avec une moissonneuse récepteur d'énergie peut être vue à la Fig.1.

Dans cet article on concentre sur des capteurs équipés par des cellules photovoltaïque (solaire), puisque c'est une énergie ambiante la plus disponible dans notre région le sud d'Algérie (Béchar) d'après l'étude fournie

au niveau de notre université (Tahri Mouhamed Béchar au niveau de laboratoire des énergies renouvelables) que la moyenne de pouvoir d'entrée du soleil est supérieur à 1 KW par mètre carré de surface d'un panneau de silicium cristallin (photovoltaïque) pendant un jour ensoleillé.

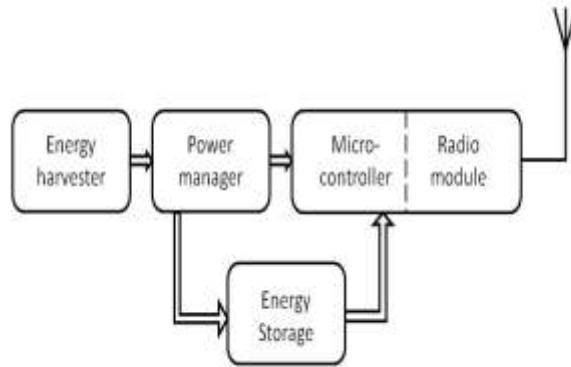


Figure 1. Capteur équipé par l'énergie ambiante (harvester) [2]

II. CONCEPTS DE BASE D'UN RESEAU DE CAPTEUR SANS FIL

Les avances technologiques en informations et communications ont fait naître une nouvelle génération de réseau informatique adaptée à une grande gamme d'applications très variées : les réseaux de capteurs sans fil, qui sont composés par un grand nombre de nœuds qui sont des micro-capteurs capables de récolter et de transmettre des données d'une manière autonome. La position de ces nœuds n'est pas obligatoirement prédéterminée, ils peuvent être aléatoirement dispersés dans une zone géographique, voire Fig.1 appelée champ de captage correspondant au terrain d'intérêt pour le phénomène capté.

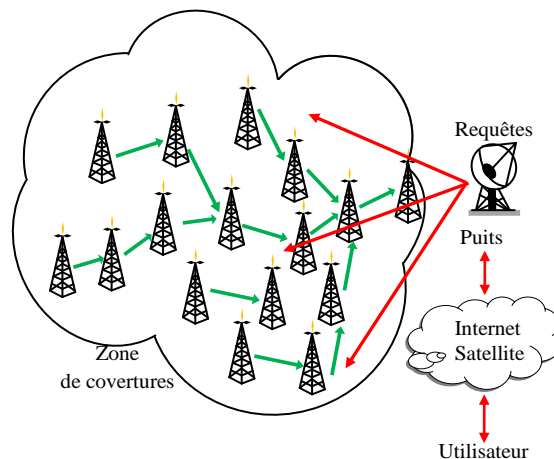


Figure 2. Réseau de capteur sans fil

Le capteur est un instrument de mesure qui permet de transformer une grandeur physique ou chimique observée (température, humidité, l'accélération, vibration, etc..) en un signal électrique, cette transformation doit être le reflet aussi parfait que possible de ces grandeurs, pour cela il possède au moins un transducteur responsable de la conversion de la grandeur physique en une autre. Ces dernières années ont vu apparaître le concept de capteur intelligent [2] (smart sensor), qui est un système composé de plusieurs sous systèmes dont les fonctions sont distinctes, il combine entre l'acquisition des données, le traitement de l'information, la communication (la transmission et la réception), un système de localisation (GPS) et un générateur d'énergie voir Fig.2.

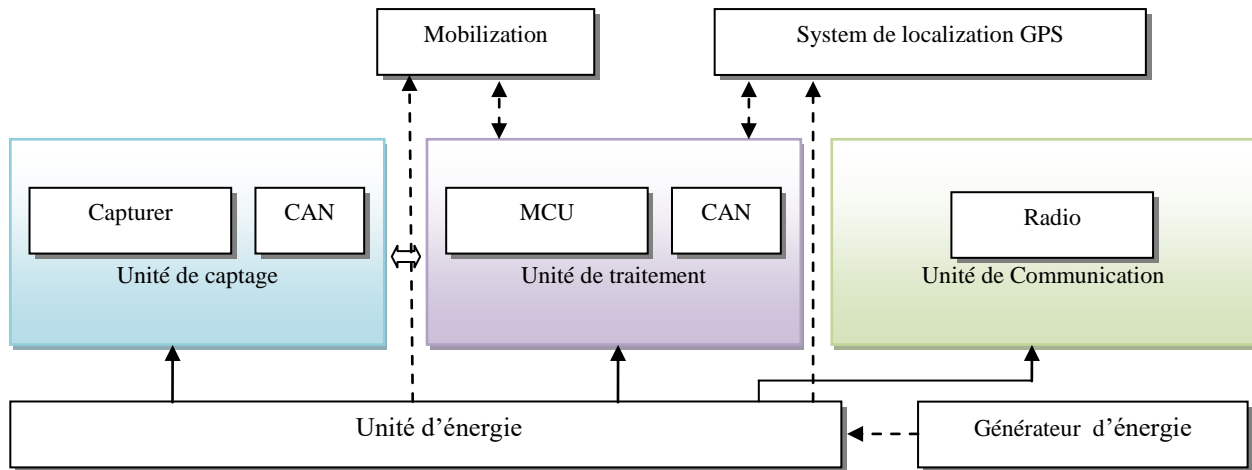


Figure 3. Architecture d'un capteur [1].

A. Unité de captage :

Le capteur est généralement composée de deux sous-unités : le récepteur (reconnaissant et prélèvement d'information) et le transducteur (convertissant le signal du récepteur en signal électrique) ADC, Le capteur fournit des signaux analogiques basés sur le phénomène observé au convertisseur Analogique / Numérique ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement.

B. Unité de traitement :

Elle comprend un processeur MCU généralement associé à une petite unité de stockage Mémoire, elle fonctionne à l'aide d'un système d'exploitation spécialement conçu pour capteurs (TinyOS par exemple). Elle exécute les protocoles de communications qui permettent de faire la collaboration entre le nœud avec les autres nœuds du réseau. Elle peut aussi analyser les données captées pour alléger la tâche du nœud puits (nœud centrale) [1].

C. Unité de communication :

Elle effectue toutes les émissions et les réceptions des données sur un médium sans-fil, elle peut être de type optique ou de type radiofréquence, les communications de type optique sont robustes vis-à-vis des interférences électriques néanmoins ne pouvant pas établir de liaisons à travers des obstacles elles présentent l'inconvénient d'exiger une ligne de vue permanente entre les entités communicantes, les unités de transmission de type radiofréquence comprennent des circuits de modulation, démodulation, filtrage et multiplexage, ceci implique une augmentation de la complexité et du coût de production du capteur, concevoir des unités de transmission de type radiofréquence avec une faible consommation d'énergie est un défi, car pour qu'un nœud ait une portée de communication suffisamment grande, il est nécessaire d'utiliser un signal assez puissant et donc une énergie consommée importante.

D. Unité d'énergie :

Un capteur est muni d'une source énergétique (généralement une batterie), étant donné sa petite taille, cette source énergétique est limitée et généralement non-remplaçable, ceci fait souvent de l'énergie la ressource la plus précieuse d'un réseau de capteurs, car elle influe directement sur la durée de vie des capteurs et donc du réseau entier, l'unité de contrôle d'énergie constitue donc une partie essentielle du système, elle doit répartir l'énergie disponible aux autres modules, de manière optimale cette unité peut aussi gérer des systèmes de rechargement d'énergie à partir de l'environnement comme notre cas via des cellules solaire [3].

III. LA SOURCE D'ENERGIE

L'énergie est la capacité de mise en œuvre des tâches d'un capteur (captage, traitement et surtout la transmission) pendant une durée suffisante, la gestion d'énergie c'est l'action d'optimiser la consommation et éliminer les surconsommations d'énergie (consommation utile), pour répondre au cahier de charge on compare entre les différentes sources énergétique.

A. La batterie :

Une Batterie électrique d'un capteur couramment appelée pile est un dispositif électrochimique qui convertit l'énergie chimique en énergie électrique grâce à la réaction Oxydoréduction comme le montre la Fig.1, la durée du vie d'une batterie est la relation entre le courant, la décharge et la capacité, il existe deux catégories de

batteries rechargeable et non rechargeable dans cet article on s'intéresse au 1er type de batterie rechargeable, comme il existe plusieurs technologies de batterie et chacune a des avantages et inconvénients suivant la durée de vie, la capacité de décharge, énergie massique, la tension à vide, le voltage, l'ampérageetc. Accumulateur lithium-ion est un type de lithium a le principal avantage l'énergie massique élevée deux à trois fois plus que la batterie NiMH par exemple) [3].

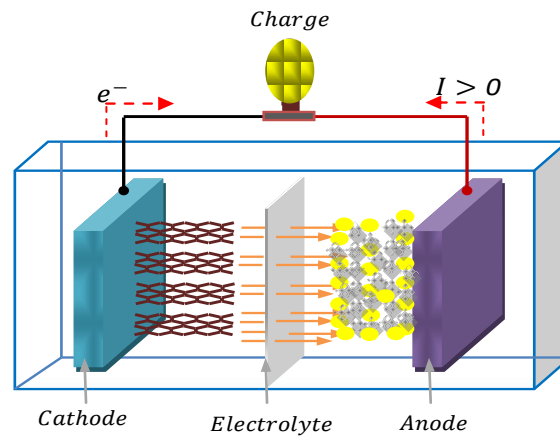


Figure 4. Diagramme d'un accumulateur Li-ion en décharge [3].

B. L'énergie solaire :

Les capteurs de cette plateforme peuvent fonctionner uniquement sur batterie, mais on sait que cette quantité d'énergie est limitée pour une longue durée de surveillance et de suivi pour cela on profite d'une énergie gratuite dans l'environnement elle-même, c'est le système de collecte d'énergie solaire, par la suite cette énergie est accumulée dans des ultra-condensateurs pour une utilisation ultérieure, lorsque le soleil se couche, une fois que les ultra-condensateurs sont déchargés la batterie prend le relais [4].

1) Modélisation des panneaux solaires :

Un panneau PV est composé de nombreuses cellules (une dizaine) de dimension de 2.5cm x 1cm photovoltaïques connectées entre elles en série ou en parallèle et qui peuvent récolter chacune une quantité d'énergie, le nombre des cellules est déterminé suivant la quantité de consommation du capteur. Le modèle électrique d'une cellule photovoltaïque est modélisé à l'aide du modèle de résistances en série et d'une diode D comme le montre la Fig.2, où I_{PH} est le photo-courant avec R_s et R_p sont des résistances en série [5].

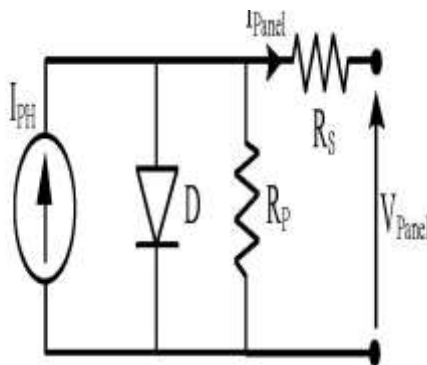


Figure 5. Schéma équivalent de la cellule photovoltaïque [6]

Les fabricants des PV fournissent typiquement peu d'informations opératoires pour les panneaux photovoltaïques, tels que la tension en circuit ouvert, le courant de court-circuit, le point maximum de tension et de courant. Le panneau photovoltaïque à cellule IXOLAR en haute efficacité solaire offre une puissance nominale de sous irradiance totale. En supposant que la résistance R_p est infinie, la caractéristique actuelle du panneau PV peut être obtenue par l'équation (1).

$$I_{pv} = I_{ph} - I_s \quad (1)$$

Avec n est le nombre de cellules en série pour augmenter le courant, I_{ph} est le courant de saturation de diode, A est le facteur de qualité de la diode, T est la température ambiante, q est la charge d'électron et k_B est la constante Boltzmann, respectivement. Les trois paramètres, et qui peuvent être déterminés dans la fiche technique [6].

2) III.2.2 La commande (MPPT) :

Un MPPT en anglais (Maximum Power Point Tracker), est une commande associée à un étage d'adaptation (convertisseur continu-continu) permettant de faire fonctionner le générateur photovoltaïque de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance plus que la consommation du capteur, la technique de contrôle permet alors de piloter le convertisseur statique reliant la charge, donc consiste à agir sur le rapport cyclique de manière automatique pour amener le générateur à sa valeur optimale de fonctionnement qu'elles que soient les instabilités météorologiques ou variations brutales de charges qui peuvent survenir à tout moment [7].

La Fig.3 représente une chaîne de conversion photovoltaïque élémentaire associée à une commande MPPT. La commande MPPT est associée à un convertisseur statique permettant de faire une adaptation entre le GPV et la charge de telle sorte que la puissance générée corresponde à sa valeur maximale et qu'elle soit transférée directement à la charge [6].

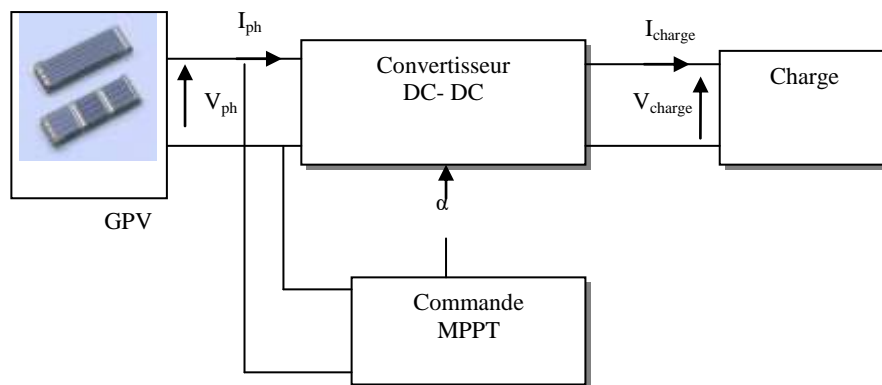


Figure 6. Chaîne de conversion photovoltaïque avec convertisseur statique contrôlé par une commande MPPT.

3) Principe de la commande Perturbe & Observe :

La méthode (Perturbe & Observe) (P&O) qui est aujourd'hui largement utilisée de par sa facilité d'implémentation, elle consiste à perturber la tension d'une faible amplitude autour de sa valeur initiale et d'analyser le comportement de la variation de puissance (qui en résulte, c'est l'une des méthodes les plus utilisées et sans doute la plus naturelle qui vient à l'esprit pour faire une recherche du point maximal de puissance PPM. Le principe de P & O est d'introduire une petite perturbation de tension en agissant sur le rapport cyclique du convertisseur statique, puis en observant le sens de la variation de puissance de sortie PV, si à tout instant j la sortie PV puissance $P(j)$ et tension $V(j)$ est supérieure à la précédente calculée à l'instant $j-1$ $P(j-1)$ et $V(j-1)$, alors la direction de la perturbation est maintenue sinon il est inversée, l'algorithme peut être détaillé comme suit: [8]

Pour une tension $U(k)$ fixée va mesurer la puissance correspondante $P(k)$ délivrée par le générateur

- Après un certain temps, l'algorithme impose une tension $U(k+1) = U(k) + \Delta U$ et mesure également la puissance correspondante $P(k+1)$,
- Si $P(k+1)$ est supérieure à $P(k)$ l'algorithme cherche à imposer une tension plus grande $U(k+2) = U(k+1) + \Delta U$.
- Sinon l'algorithme cherchera au contraire à abaisser la tension $U(k+2) = U(k+1) - \Delta U$

Représente la variation de la puissance en fonction de la tension d'un panneau photovoltaïque, on voit que après une suite de perturbation de tension, la puissance PV augmente, la direction de perturbation est maintenue, dans le cas contraire elle est inversée pour reprendre la convergence vers le nouveau PPM, la trajectoire de la variation de ces points est représentée sur la Fig.4.

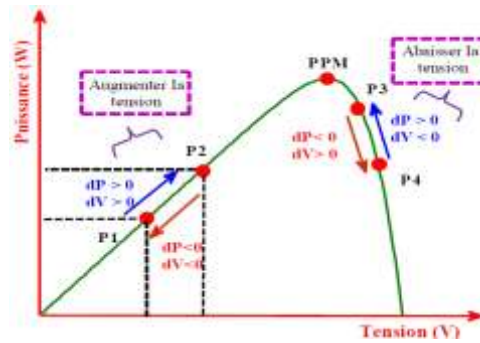


Figure 7. Puissance disponible en fonction de la tension aux bornes du générateur PV [7].

De cette manière, le système adapte en permanence la tension aux bornes du générateur photovoltaïque afin de se rapprocher du point de puissance maximum, mais sans jamais l'atteindre précisément. D'autres algorithmes différents existent aussi et des solutions entièrement analogiques parfois assez simples à mettre en œuvre [9].

4) Résultat de la simulation

Dans cette section, nous avons modélisé PV solaire sous l'environnement MATLAB/SIMULINK, la courbe du courant en fonction de la tension IV et la puissance en fonction de la tension PV sont représentés sur la Fig.5.

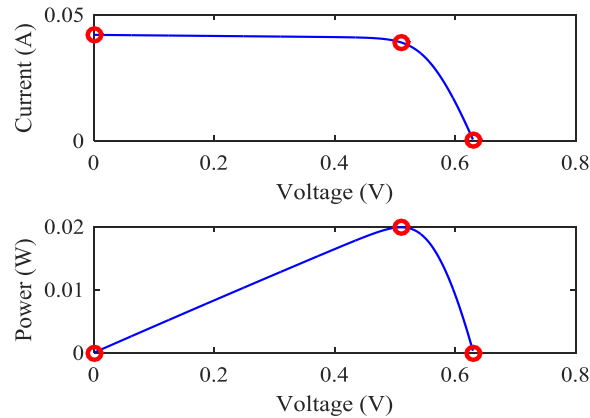


Figure 8. Courbes IV en haut et PV en bas.

Dans un premier temps, nous allons présenter les résultats de la simulation d'un panneau photovoltaïque avec les valeurs suivantes des résistances série et parallèle $R_s = 450 \, \Omega$ et $R_{sh} = 5000 \, \Omega$. Quand l'ensoleillement augmente, l'intensité du courant photovoltaïque croît, les courbes IV se décalent vers les valeurs croissantes permettant au module de produire une puissance électrique plus importante Fig.6.

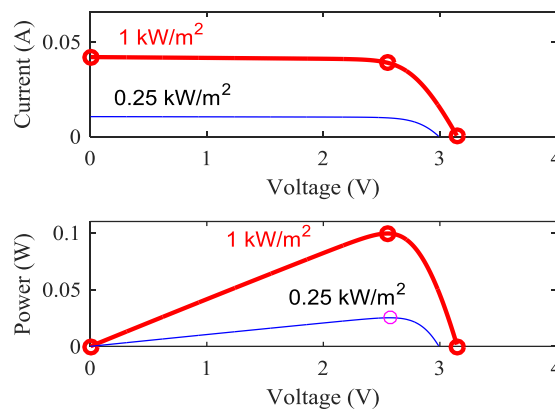


Figure 9. Caractéristiques IV en haut et PV en bas d'un module pour différentes irradiances solaires à 25°C

L'évolution de la caractéristique IV et PV en fonction de la température montre que le courant augmente légèrement lorsque la température s'élève et engendre une décroissance moins prononcée de la tension de circuit ouvert, Fig.7.

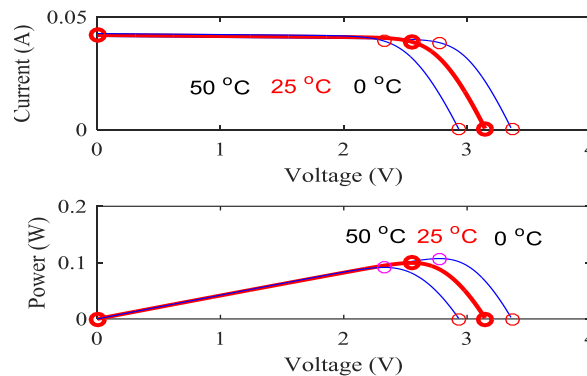


Figure 10. Caractéristiques IV en haut et PV en bas d'un module pour différentes température avec irradiances solaires à 1000w/m2

IV. CONCLUSION

Les réseaux de capteurs sans fil ont de nombreux avantages pour la surveillance, contrôle et suivie qui intervient dans plusieurs domaine d'application, ils sont autonomes en énergie, ont un faible coût, sont faciles à déployé, ils peuvent fonctionner aussitôt après déploiement et ne nécessitent aucune intervention humaine et ils doivent être opérationnels pendant très longtemps.

En raison de l'importance du problème de gestion de l'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil, une approche holistique pour la conservation de l'énergie dans RCSF est essentielle. Cependant, une telle approche est encore difficile à trouver en raison de la diversité des applications et différences exigences, tel que les techniques d'optimisation de la consommation d'énergies touchantes les couches protocolaires bien sûr les algorithmes des protocoles de communication (méthode d'accès, routages, agrégation des donnéesetc.)[10].

Une approche approfondie c'est la technique de récolte d'énergie peuvent jouer un rôle déterminant dans l'alimentation des périphériques d'un capteur déploie dans un RCSF avec une durée de vie importante, comme dans cet article l'énergie ambiante solaire à le pouvoir en particulier peut être une source très utile en raison de sa forte densité d'énergie et disponibilité dans le monde entier, la technologie des cellules photovoltaïques continue de s'améliorer et les coûts continuent à abaissé, tous ces facteurs font de la récolte d'énergie solaire une option viable pour l'alimentation à long terme comme en le témoigne dans le présent document d'après les résultats de simulation. Cependant, il faut prendre soin de concevoir une énergie solaire Harvester pour s'assurer qu'il répondra aux besoins des clients dans tous les lieux. Il est inhérent les compromis qui doivent être faits pour livrer un produit avec un temps d'exécution suffisant en l'absence de la lumière du soleil atteint des cibles de coûts de plus en plus exigeantes. Heureusement, les coûts et l'efficacité de ces cellules solaires améliorent la capacité de l'énergie solaire à s'adapter à une plus grande population de services sans fil ainsi l'application dans les réseaux de capteurs [9].

Actuellement l'année 2017 l'Algérie a besoin de faire face à cette crise économique en utilisant ces stratégie des réseaux de capteur sans fil en profitant de l'énergie solaire pour développe l'économie en particulier l'agriculture dans notre région.

REFERENCES

- [1] Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson, Alan Mainwaring & Joseph Polastre. Wireless sensor networks for habitat monitoring . WSN Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications, pages 88 – 97, September, 2002.
- [2] S. E. Abdellaoui, Y. Fakhri, S. Saoudi et D. Aboutajdine, "Energy Efficiency of MIMO Cooperative Networks with Energy Harvesting Sensor Nodes", International Journal of Ad hoc, Sensor and Ubiquitous Computing (IJASUC), Vol.4, No.2 (2013).
- [3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Batterie_d%27accumulateurs
- [4] Jia-Min S, Hurng-Liahng J, Jinn-Chang W, Kuen-Der W. "Single-phase three-wire grid-connected power converter with energy storage for positive grounding photovoltaic generation system". Electr Power Energy Syst 2014.
- [5] Y. Azoumah n, D. Yamegueu, P. Ginies, Y. Coulibaly, P. Girard, "Sustainable electricity generation for rural and peri- urban populations of sub-Saharan Africa: The "flexy-energy" concept" Energy Policy, page 133-134 (2011).
- [6] B. Gasbaoui, A.Nasri, A.Laoufi and Y.f Mouloudi. ," 4 WD UrbanElectric Vehicle Motion Studies Based on MIMO Fuzzy Logic Speed Controller ",International Journal of Control and Automation Vol. 6, No. 1, February, 2013 105 .
- [7] Anasuya. N. Jadagerimath, Battery Capacity Management in Wireless Sensor Network Rechargeable Sensor Nodes International Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242 Volume - 3 Issue -9 September, 2014 Page No. 8129-8135.

- [8] B. Khiari, A. Sellami and R. Andoulsi, 'MPPT Control Of Photovoltaic Pumping System Based on Discrete Sliding Mode', International Renewable Energy Congress, pp. 66 – 72, Sousse, Tunisie, November 5-7, 2010.
- [9] E. Benkhilil et A. Gharbi, 'Modélisation et Simulation d'un Générateur Photovoltaïque avec un Etage d'Adaptation DC/DC', The First International Conference on Energy and Sustainable Development, ICESD'2011, 29-30 November 2011, University of Adrar, Algeria.
- [10] Anane, R., K. Raoof, et al. (2015). "On the Evaluation of GMSK Scheme with ECC Techniques in Wireless Sensor Network." arXiv preprint arXiv:1505.05755.